SOMMARIO

STORIA

Forte Tenaglia (208 s.l.m.) è un'opera fortificata risalente al 1633, originariamente inserita nell'andamento delle "Mura Nuove" a difesa della città, sulle alture di Sampierdarena in un crinale dominante sulla val Polcevera. Deve il suo nome alla particolare conformazione architettonica che assomiglia ad una tenaglia, opera che in ambito militare viene detta "Opera a Corno". Un'opera a corno è un elemento avanzato delle fortificazioni alla moderna. Il nome gli viene dalla particolare forma biforcuta costituita da una breve cortina posta tra due semi-bastioni. Aveva un'altezza minore della fortificazione principale e accoglieva a volte una porta di accesso al suo centro, in posizione protetta tra i fianchi dei "corni". Tale conformazione venne detta anche "opera a tenaglia" soprattutto quando manca la cortina centrale e i fianchi bastionati, aperti a forbice, formano un angolo rientrante a forma di una coda di rondine.

La polveriera o "santabarbara" è una struttura o un fabbricato per la custodia di materiale esplosivo. Genericamente si può dire che la polveriera è una particolare struttura adibita a deposito di munizioni, esplosivi, micce detonanti e artifizi vari, costruito e dislocato con particolari criteri al fine di evitare o quantomeno ridurre i pericoli di eventuali scoppi. Essa infatti era il luogo dove venivano costituite le armi dell'esercito. Spesso queste strutture sono scavate all'interno delle montagne o al riparo di bunker. Ogni singola struttura doveva prevedere un ambiente asciutto e sempre ben areato, oltre ad un tetto ben protetto dai fulmini. In una polveriera, il servizio antincendio era sempre tenuto come un servizio di primaria importanza. L'abitudine di appendere all'interno di questi magazzini un'immagine di Santa Barbara, che la tradizione indica come santa protettrice dei fedeli dal pericolo del fuoco, dei fulmini e, più in generale, delle morti violente, fece sì che il nome della Santa divenisse anche il nome dato ai depositi.

ARCHITETTURA

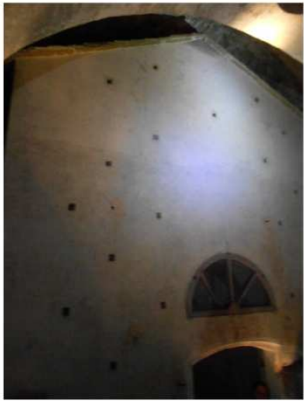
L'edificio della santabarbara è situato sul lato sud del forte Tenaglie, all'interno di una stanza posta a 8 mt ca. di profondità, definita a sud ed est dalla muraglia perimetrale del forte, a nord e ovest da un muro di contenimento (interno alla montagna artificiale).

Il bunker presenta una pianta rettangolare ed è diviso in due ambienti: il principale, contenente la polveriera; il secondario collegato con due passaggi arcati, di dimensioni molto più ridotte, sia in pianta che in alzato. È collegato all'esterno tramite:

- tre rampe di scale, per l'accesso delle persone,
- due fori circolari che collegano l'ambiente esterno con quello della santabarbara, per evitare problemi di umidità, solo una di queste è visibile sia all'interno che all'esterno, quella in corrispondenza delle scale d'accesso,
- piccole feritoie lungo il muro perimetrale del forte.

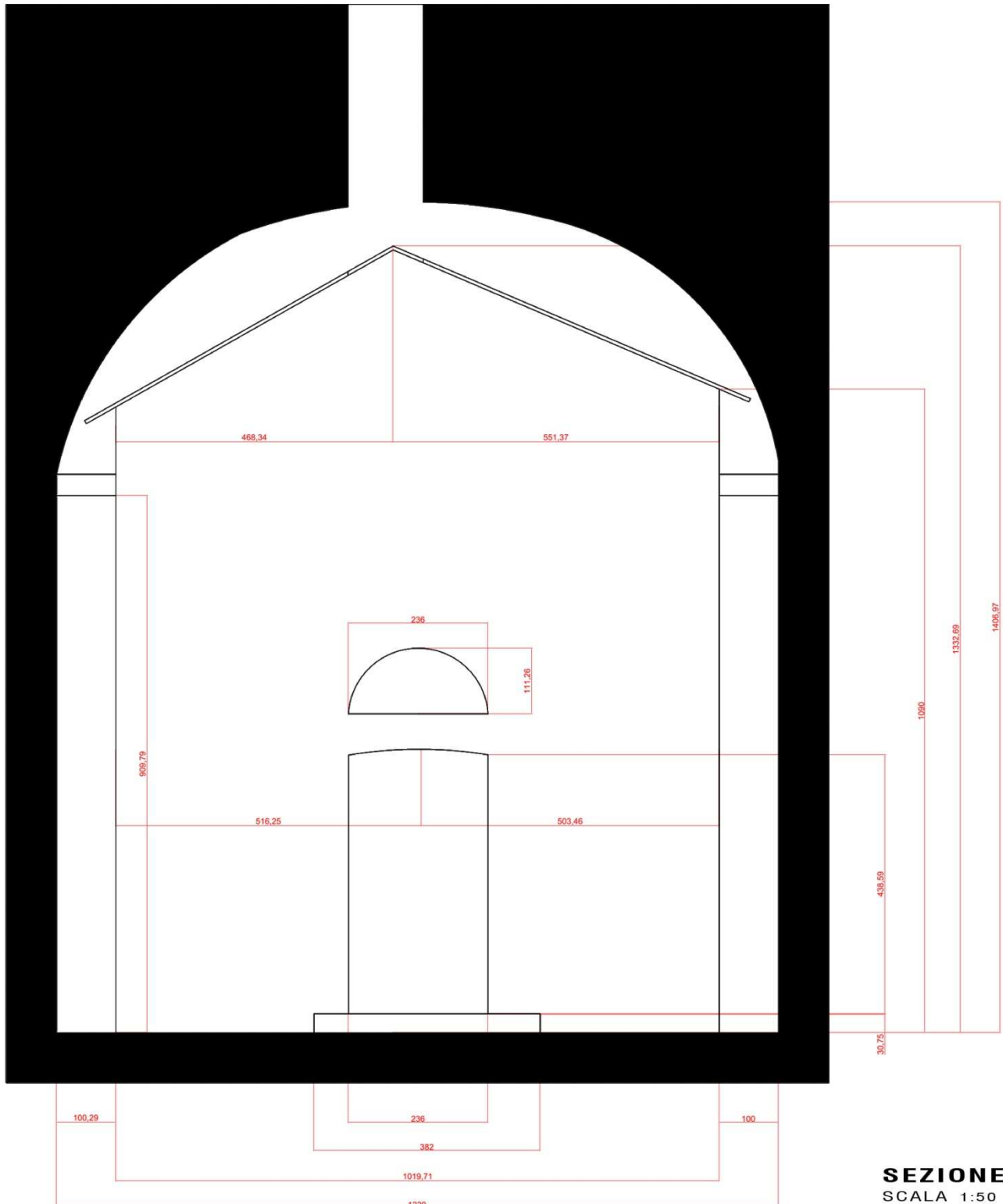
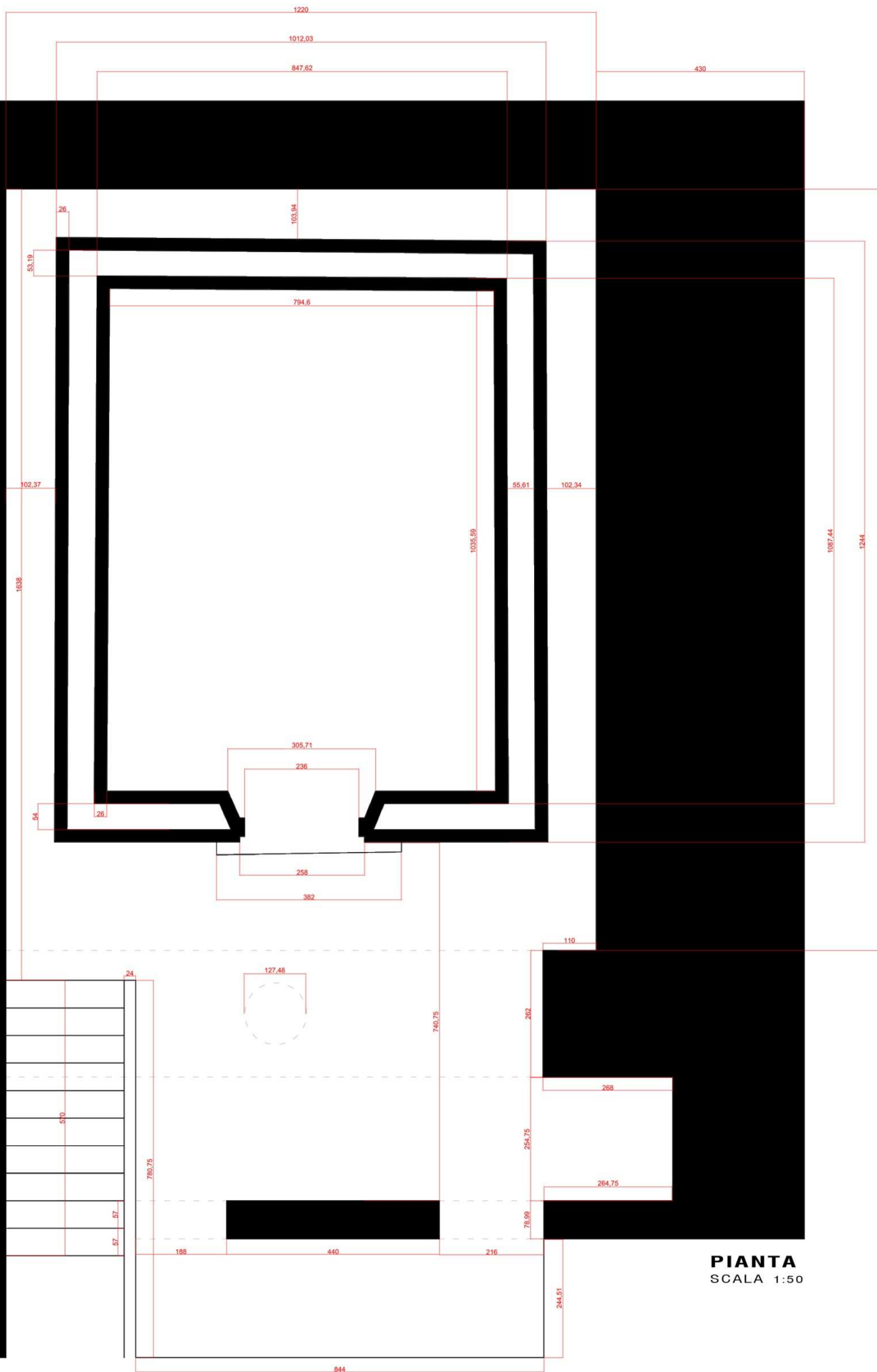
L'ambiente sottostante risulta coperto da una volta a botte, in corrispondenza del muro della prima rampa d'accesso presenta una struttura ad arco. Questo è costituito da due archi ed un'intercapedine centrale, che collega il foro, posto in chiave, con quello esterno (visibile). I due paramenti sono collegati da una catena. Dati dedotti da indagini visive condotte attraverso alcuni fori posti al livello della prima rampa di scale.

La santabarbara è un edificio molto semplice. Distaccato dal bunker lungo tutto il perimetro per una larghezza di 50 cm ca.
Pianta rettangolare con unico ingresso sul lato corto ad ovest. La quota di calpestio interna è più bassa di quella esterna, questo è dovuto alla precedente presenza di un pavimento con camera d'aria (tipo solaio). L'ambiente interno era precedentemente diviso in due da un solaio intermedio la cui quota è attualmente riconoscibile grazie alla presenza delle giaciture delle travi in legno lungo i muri perimetrali. Quest'ultimi sono costituiti da due paramenti in mattoni, ad una testa, distanziati da un'intercapedine, utile per evitare l'umidita interna al vano, a questo scopo sono utili anche fori passanti distribuiti lungo le pareti, di forma quadrata e dimensione ridotta. Il tetto è costituito da una volta a botte interna e due falde in ardesia esternamente. Nello spazio d'intercapedine tra la santabarbara e il bunker, alla quota della volta interna, sono presenti degli elementi a parallelepipedo, che si suppone abbiano la funzione di archi rampanti per scaricare i muri perimetrali della polveriera dalle spinte orizzontali.

CAMPAGNA FOTOGRAFICA

INDAGINI

Sulla santabarbara sono state condotte due campagne di indagini, una di rilievo e una di prove indirette.

- Rilievo

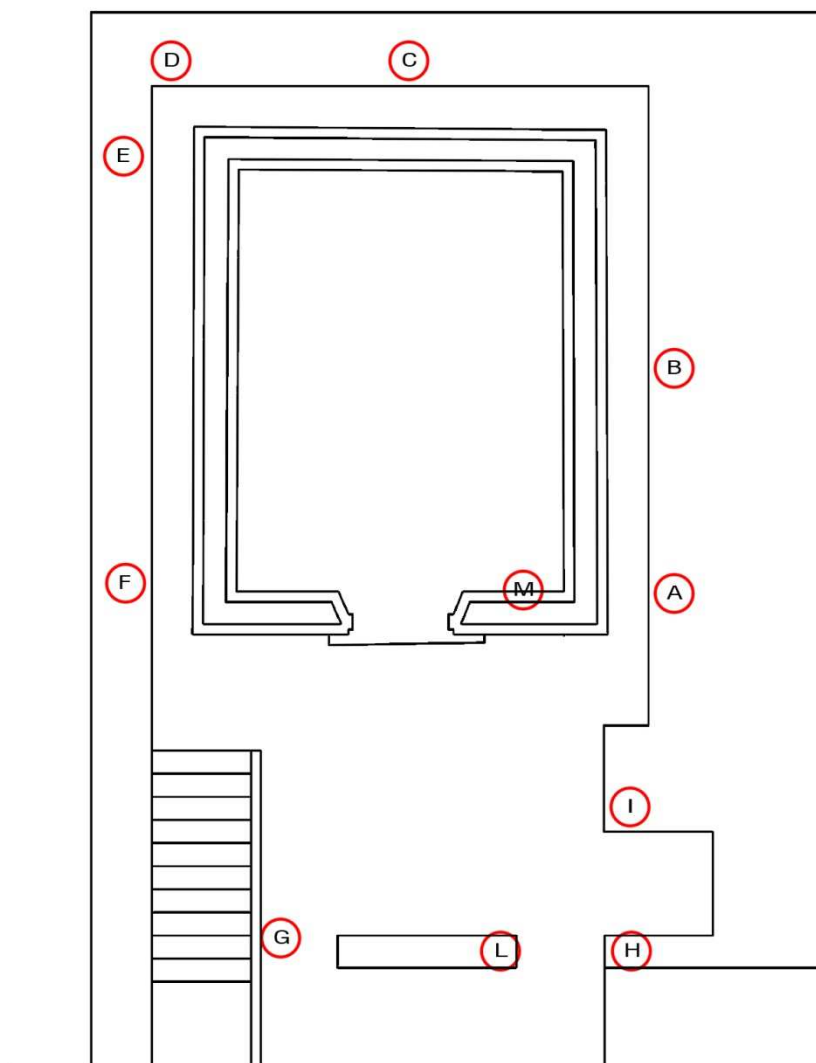
Sono stati rilevati gli ambienti del bunker e della polveriera, attraverso trilaterazioni condotte con rotella metrica e distanziometro laser. Tutto ciò che non è stato possibile misurare in sito, dovuto alla difficile raggiungibilità di alcune porzioni dell'edificio, è stato valutato attraverso una campagna fotogrammetrica.

- Indagini dirette

Sono state realizzate prove non distruttive per ottenere maggiori indicazioni sulla qualità delle murature, e sulla loro tecnologia. In particolare sono state eseguite prove sclerometriche e videoendoscopiche.

  - Porve Sclerometriche

Le prove sono state effettuate sulla muratura perimetrale in calcare marnoso ("pietra di promontorio"), sulla muratura del vano scale, costituita della stessa pietra con piattabande in mattoni in corrispondenza delle bucature, sulla muratura del piedritto dell'arco, ed infine sulla muratura in mattoni della santabarbara. È stato utilizzato uno sclerometro da pietra modello Original Schmidt Tipo N/L.

Non è stato possibile eseguire prove sclerometriche sulle malte delle diverse murature, data la condizione di scabrezza dell'intonaco, che non ha permesso di utilizzare lo strumento (sclerometro da malta, modello Original Schmidt Tipo PM) in maniera adeguata.

Una volta scelti gli elementi sui quali effettuare le prove (indicati nella seguente immagine) sono state realizzate un totale di 12 battute per ogni elemento. Nelle tabelle a seguire sono riportati i risultati ottenuti, comprese le medie ed i valori massimi e minimi per ogni elemento e per la muratura in generale.

Pietra - Muro perimetrale

# Battuta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elemento												
A	27	31	28	38	24	33	29	24	40	41	30	37
B	35	45	31	41	24	34	36	43	41	40	34	39
C	45	45	43	35	43	41	39	33	43	34	37	41
D	36	29	39	40	40	41	42	43	40	40	39	36
E	37	29	40	42	34	35	42	35	33	44	44	48
F	57	50	49	52	49	57	45	54	44	43	57	53

Max	min	media
Elemento		
41	24	31,8
45	24	36,9
45	33	39,9
43	29	38,8
48	29	38,6
57	43	50,8
Generale		
57	24	39,5

Pietra - Muro vano scale

# Battuta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elemento												
G	29	35	34	40	31	25	40	35	32	35	35	20
H	32	34	38	35	38	31	35	40	33	39	32	33

Max	min	media
Elemento		
40	20	32,6
40	31	35,0
Generale		
40	20	33,8

Pietra - Muro spalla arco

# Battuta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elemento												
I	25	31	29	36	36	36	38	28	29	26	28	22

Max	min	media
38	22	30,3

Mattone - Muro vano scale

# Battuta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elemento												
L	10	12	14	13	12	13	14	16	15	13	12	16

Max	min	media
16	10	13,3

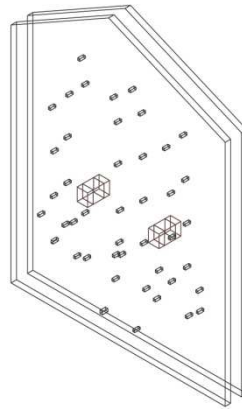
Mattone - Muro S.Barbara

# Battuta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elemento												
M	12	16	16	11	15	17	16	20	26	17	20	11

Max	min	media
26	11	16,4

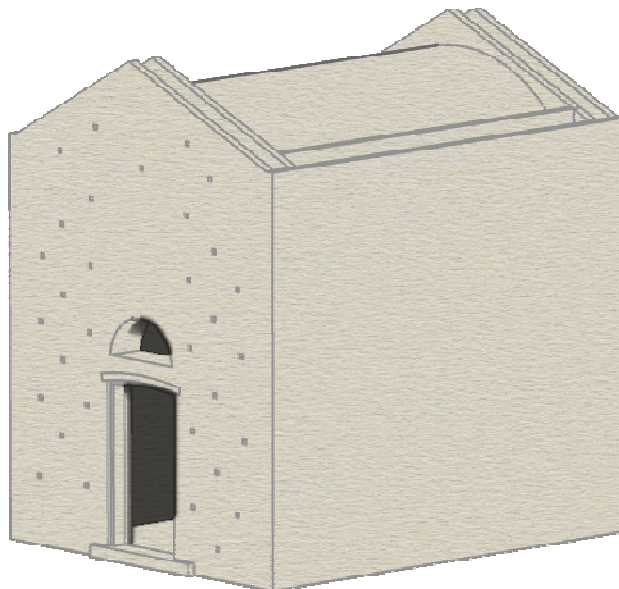
I valori ottenuti dalle prove sclerometriche evidenziano l'omogeneità delle murature perimetrali e del vano scale, nelle quali sono stati raccolti dati pressoché identici per i diversi elementi analizzati. Data la composizione omogenea della muratura si deduce che la distribuzione delle rigidezze, più in generale delle caratteristiche meccaniche, sia uniforme nei pannelli murari considerati.

- Prove Videoendoscopiche

Attraverso il videoendoscopio è stato possibile valutare la tessitura muraria del doppio paramento in mattoni che costituisce l'involucro della santabarbara. Grazie a questa prova si è inoltre certificata la presenza di collegamenti trasversali tra i pannelli, attraverso diatoni posizionati circa a metà dell'altezza della costruzione, sicuramente presenti nella parete posteriore, ma ipotizzabili anche sulle altre pareti. Il collegamento trasversale dei due paramenti della facciata principale è assicurato dai muri-spalla della porta.

ANALISI

L'analisi di meccanismi locali di collasso è stata effettuata attraverso il software Mc4loc, programma in grado di sviluppare in maniera automatica la valutazione dei meccanismi locali sia secondo l'analisi cinematica lineare (SLD, SLV) che secondo l'analisi cinematica non lineare (SLV), attraverso l'imput grafico in ambiente AutoCad.

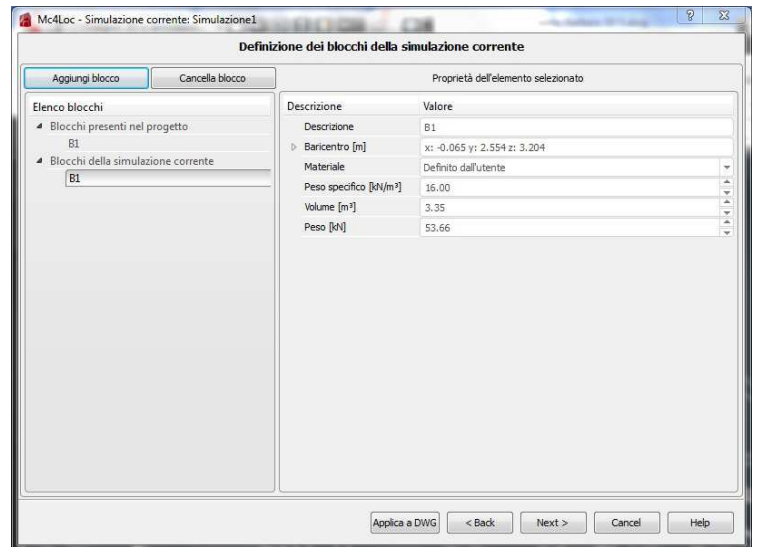
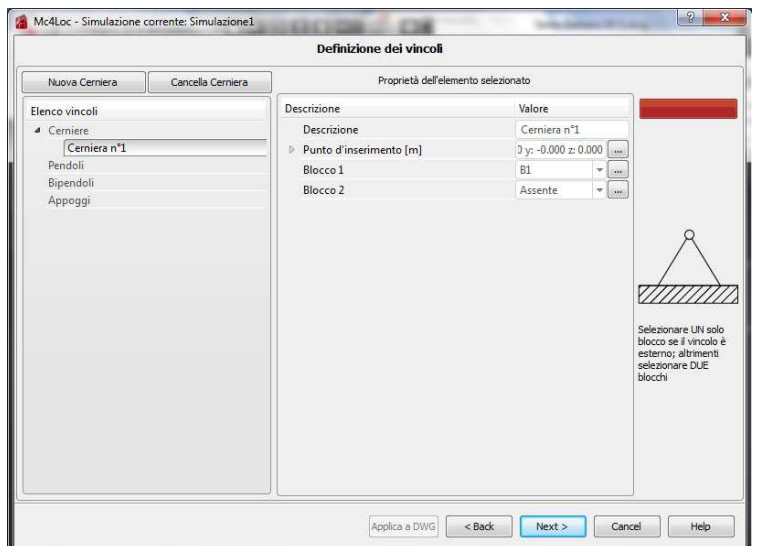
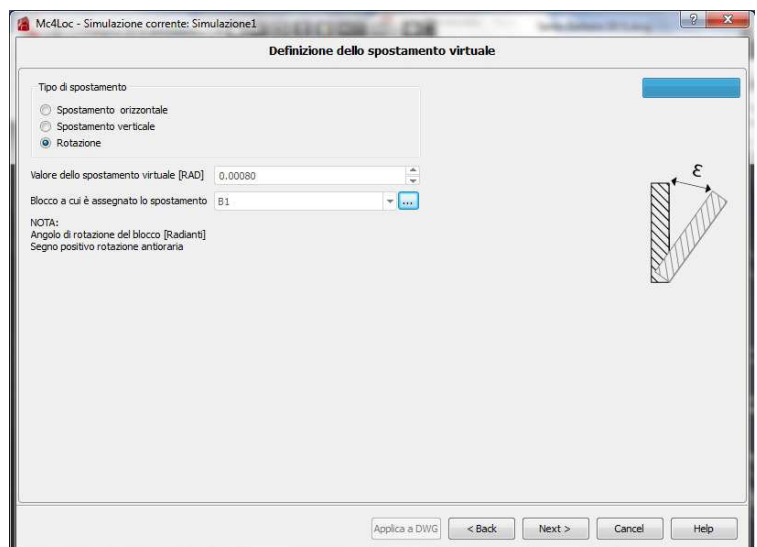
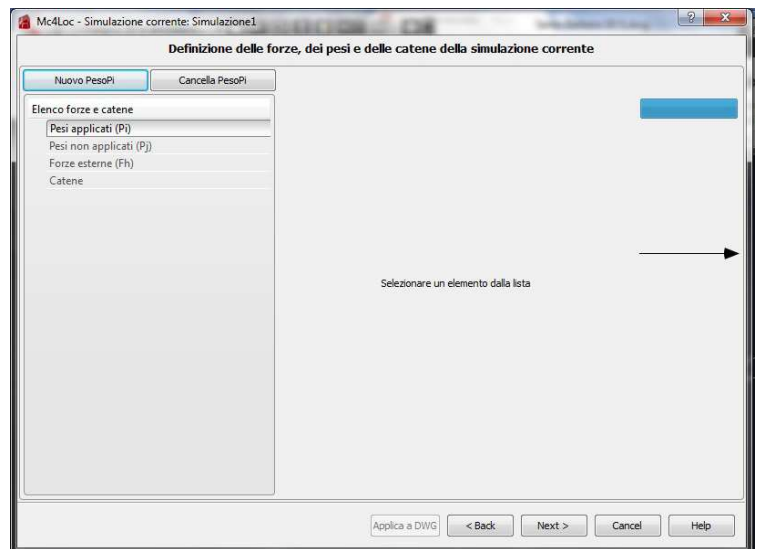
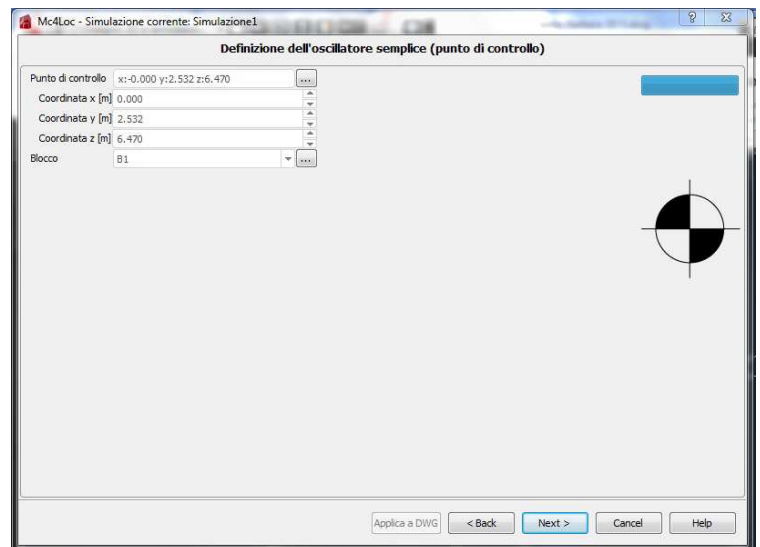
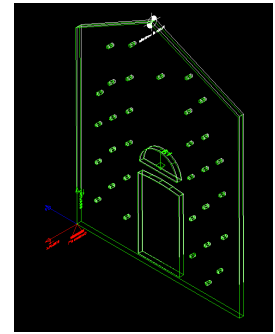
Realizzato il modello tridimensionale della santabarbara con AutoCad, sono stati individuati quattro meccanismi significativi:

- Ribaltamento del paramento esterno della facciata principale;
- Ribaltamento del paramento esterno della facciata proncipale considerando un buon ammorsamento con le pareti laterali (angolo 30°);
- Ribaltamento del paramento esterno della facciata posteriore;
- Ribaltamento del paramento esterno della facciata posteriore considerando un buon ammorsamento con le pareti laterali (angolo 30°).

- Procedimento Mc4L

1. Inserimento dei dati geografici, definizione della vita di riferimento. Risultati: la pericolosità sismica di base SLD e SLV

2. Vengono definiti i Fattori di sensibilità assumendo:
   - categoria del sottosuolo A: ammassi rocciosi affiornati o terreni molto rigidi
   - categoria topografica T3: rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°<i<30°
   - fattore di confidenza calcolato secondo la Circolare 2/12/10 n.26, considerando: un rilievo geometrico completo, un esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi, estese indagini sui parametri meccanici dei materiali e limitate indagini sul terreno e fondazioni. FC=1.17

3. Per ogni meccanismo da analizzare viene definita una simulazione, che prevede l'inserimento di un sistema di coordinate, la quota di campagna, l'altezza dell'edificio.

4. Partendo dal modello 3d completo, sulla base dei meccanismi di collasso individuati, sono stati isolati i blocchi coinvolti per ogni analisi. Per ogni elemento (B1) è stato definito il materiale, ricavandone le caratteristiche.

5. Volendo valutare lo spostamento sommitale per ogni blocco, viene imposta una cerniera alla base dell'elemento stesso.

6. Si definisce lo spostamento virtuale come rotazione del blocco considerato.

7. Non sono stati applicate al blocco altre forze, se non quelle relative ai pesi propri e alle forze sismiche.

8. Infine si definisce la posizione del punto di controllo e si lancia l'analisi.

- Risultati Analisi

RIBALTAMENTO DEL PARAMENTO ESTERNO DELLA FACCIATA PRINCIPALE

DATI GENERALI DI PROGETTO							
Località				Località da coordinate geografiche			
Latitudine				44.4241			
Longitudine				8.9032			
VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO							
Vita nominale – V_N [anni]				50			
Coefficiente d'uso – C_u				1			
Periodo di riferimento – V_R [anni]				50			
PARAMETRI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE PER LA DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI							
				a_g[g]	**F_0 [-]**	**T^*_C [s]**	**T_R [anni]**
SLD				0.030	2.525	0.207	50
SLV				0.070	2.536	0.287	475
PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO (SLV)							
Z[m]	**H[m]**	**γ [-]**	**T_1[s]**	**S[-]**	**T_B [s]**	**T_C [s]**	**T_D [s]**
0.000	6.630	1	0.210	1.20	0.096	0.287	1.880
CINEMATISMO							
Moltiplicatore di attivazione del cinematismo – α_0						0.020	[-]
Spostamento finale del punto di controllo per il quale si annulla il moltiplicatore – $d_{k,0}$						0.138	[m]
Massa partecipante – M*						6480.0	[kg]
Frazione di massa partecipante della struttura – e*						1.000	[-]
Periodo secante – T_s						1.589	[s]

VERIFICHE

VERIFICA A STATO LIMITE DI DANNO

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLD}$	$a_0^*[m/s^2]$	$a_{SLD}[m/s^2]$	Stato
	0.178	0.353	Non Verificato

Verifica a stato limite di danno **Non Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA LINEARE)

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLV}$	$a_0^*[m/s^2]$	$a_{SLV}[m/s^2]$	Stato
	0.178	0.412	Non Verificato

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi lineare) **Non Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA NON LINEARE)

Formula	Parametri		
$d_u^* \geq S_{De}(T_s) = \Delta_d(T_s)$	d_u^* [m]	$\Delta_t(T_s)$[m]	Stato
	0.024	0.024	Non Verificato

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi non lineare) **Non Soddisfatta**

Verifica secondo l'analisi cinematica non lineare
Sa [m/s²]
Sd [m]
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0,01
0,02
0,03
0,04
0,05
0,06
0,07
Spettro della domanda
Δd(Ts)
Ts
d*s
Curva di capacità
d*u

RIBALTAMENTO DEL PARAMENTO ESTERNO DELLA FACCIATA PRONCIPALE CONSIDERANDO UN BUON AMMORSAMENTO CON LE PARETI LATERALI (ANGOLO 30°);

DATI GENERALI DI PROGETTO				
Località	Località da coordinate geografiche			
Latitudine	44.4241			
Longitudine	8.9032			
VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO				
Vita nominale – V_N [anni]	50			
Coefficiente d'uso – C_u	1			
Periodo di riferimento – V_R [anni]	50			
PARAMETRI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE PER LA DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI				
	a_g[g]	F_0 [–]	T^*_C [s]	T_R [anni]
SLD	0.030	2.525	0.207	50
SLV	0.070	2.536	0.287	475

PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO (SLV)							
Z[m]	H[m]	γ [–]	T_1[s]	S[–]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
0.000	6.630	1	0.210	1.20	0.096	0.287	1.880

CINEMATISMO		
Moltiplicatore di attivazione del cinematismo – α_0	0.147	[–]
Spostamento finale del punto di controllo per il quale si annulla il moltiplicatore – $d_{k,0}$	0.967	[m]
Massa partecipante – M*	10568.9	[kg]
Frazione di massa partecipante della struttura – e*	1.000	[–]
Periodo secante – T_s	1.623	[s]

VERIFICHE

VERIFICA A STATO LIMITE DI DANNO

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLD}$	$a_0^* [m/s^2]$	$a_{SLD} [m/s^2]$	Stato
	1.287	0.353	Verificato

Verifica a stato limite di danno **Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA LINEARE)

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLV}$	$a_0^* [m/s^2]$	$a_{SLV} [m/s^2]$	Stato
	1.287	0.412	Verificato

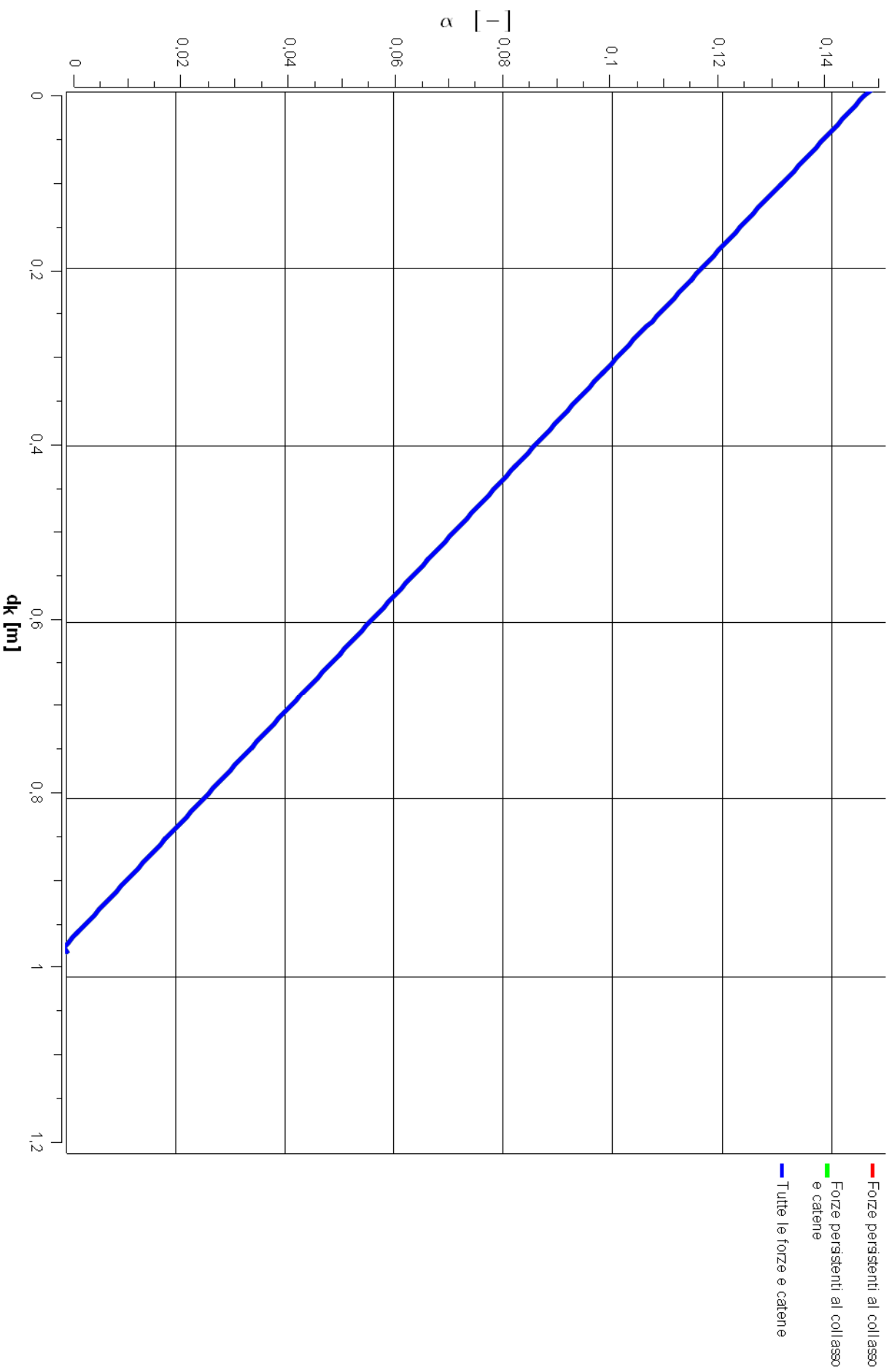
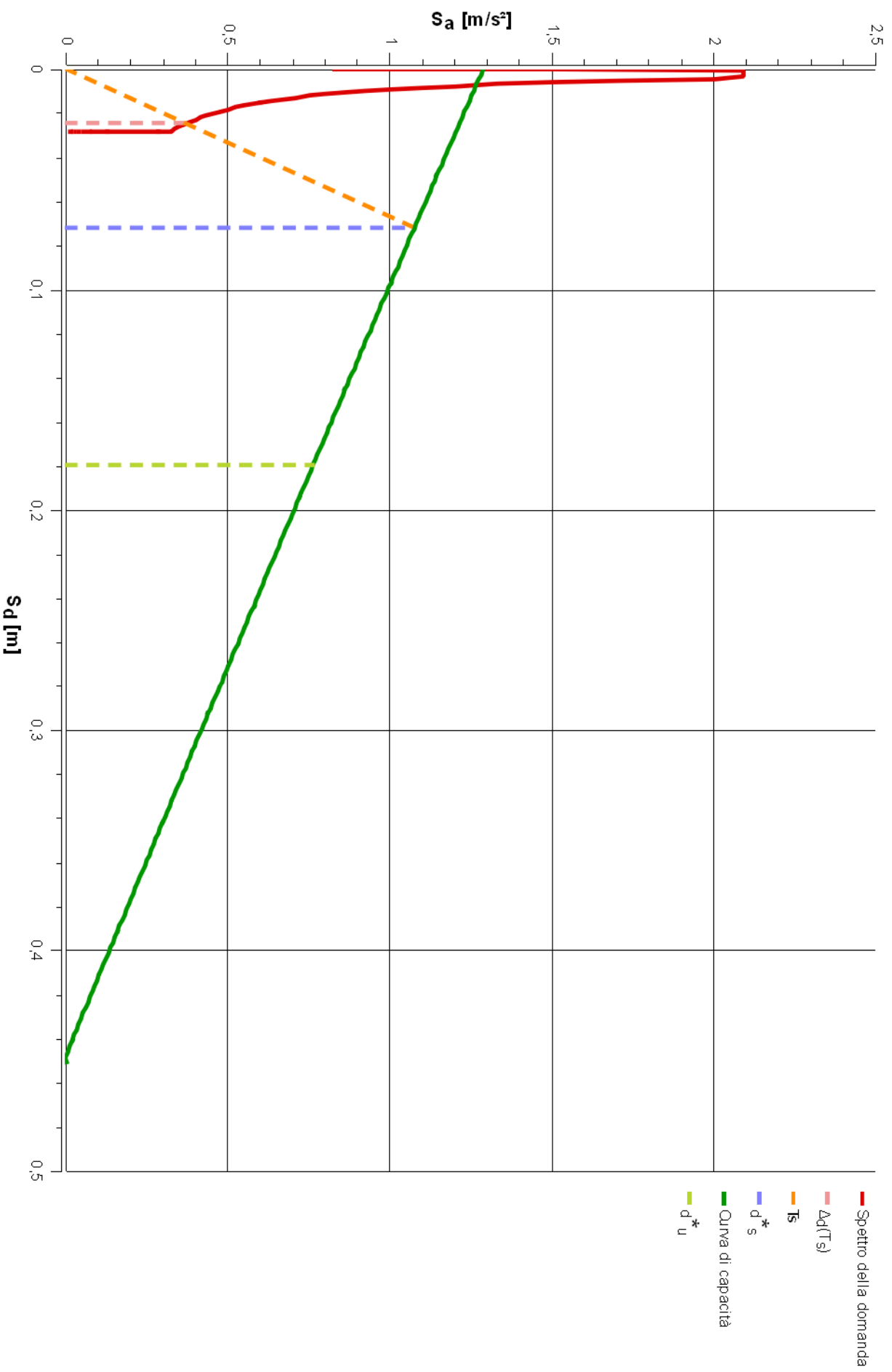
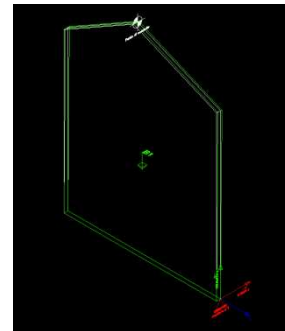
Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi lineare) **Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA NON LINEARE)

Formula	Parametri		
$d_u^* \geq S_{De}(T_s) = \Delta_d(T_s)$	d_u^* [m]	$\Delta_t(T_s)$[m]	Stato
	0.179	0.025	Verificato

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi non lineare) **Soddisfatta**

Andamento del moltiplicatore
α [–]
0,14
0,12
0,1
0,08
0,06
0,04
0,02
0
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
dK [m]
Forze persistenti al collasso
Forze persistenti al collasso e catene
Tutte le forze e catene

Verifica secondo l'analisi cinematica non lineare
Sa [m/s²]
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
Sd [m]
Spettro della domanda
Δd(Ts)
Ts
d*s
Curva di capacità
d*u

RIBALTAMENTO DEL PARAMENTO ESTERNO DELLA FACCIATA POSTERIORE;

DATI GENERALI DI PROGETTO

Località	Località da coordinate geografiche
Latitudine	44.4241
Longitudine	8.9032

VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Vita nominale – V_N [anni]	50
Coefficiente d'uso – C_u	1
Periodo di riferimento – V_R [anni]	50

PARAMETRI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE PER LA DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI

	a_g[g]	F_0 [-]	T^*_C [s]	T_R [anni]
SLD	0.030	2.525	0.207	50
SLV	0.070	2.536	0.287	475

PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO (SLV)

Z[m]	H[m]	γ [-]	T_1[s]	S[-]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
0.000	6.630	1	0.210	1.20	0.096	0.287	1.880

CINEMATISMO

Moltiplicatore di attivazione del cinematismo – α_0	0.022	[-]
Spostamento finale del punto di controllo per il quale si annulla il moltiplicatore – $d_{k,0}$	0.143	[m]
Massa partecipante – M*	7310.2	[kg]
Frazione di massa partecipante della struttura – e*	1.000	[-]
Periodo secante – T_s	1.523	[s]

VERIFICHE

VERIFICA A STATO LIMITE DI DANNO

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLD}$	$a_0^* [m/s^2]$	$a_{SLD} [m/s^2]$	Stato
	0.189	0.353	Non Verificato

Verifica a stato limite di danno **Non Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA LINEARE)

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLV}$	$a_0^* [m/s^2]$	$a_{SLV} [m/s^2]$	Stato
	0.189	0.412	Non Verificato

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi lineare) **Non Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA NON LINEARE)

Formula	Parametri		
$d_u^* \geq S_{De}(T_s) = \Delta_d(T_s)$	$d_u^* [m]$	$\Delta_t(T_s) [m]$	Stato
	0.023	0.023	Verificato

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi non lineare) **Soddisfatta**

Verifica secondo l'analisi cinematica non lineare
Sa [m/s²]
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0,01
0,02
0,03
0,04
0,05
0,06
0,07
Sd [m]
Spettro della domanda
Δd(Ts)
Ts
d*s
Curva di capacità
d*u

RIBALTAMENTO DEL PARAMENTO ESTERNO DELLA FACCIATA POSTERIORE CONSIDERANDO UN BUON AMMORSAMENTO CON LE PARETI LATERALI (ANGOLO 30°).

DATI GENERALI DI PROGETTO

Località	Località da coordinate geografiche
Latitudine	44.4241
Longitudine	8.9032

VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Vita nominale – V_N [anni]	50
Coefficiente d'uso – C_u	1
Periodo di riferimento – V_R [anni]	50

PARAMETRI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE PER LA DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI

	a_g[g]	F_0 [–]	T^*_C [s]	T_R [anni]
SLD	0.030	2.525	0.207	50
SLV	0.070	2.536	0.287	475

PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO (SLV)

Z[m]	H[m]	γ [–]	T_1[s]	S[–]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
0.000	6.630	1	0.210	1.20	0.096	0.287	1.880

CINEMATISMO

Moltiplicatore di attivazione del cinematismo – α_0	0.144	[–]
Spostamento finale del punto di controllo per il quale si annulla il moltiplicatore – $d_{k,0}$	0.946	[m]
Massa partecipante – M*	11403.6	[kg]
Frazione di massa partecipante della struttura – e*	1.000	[–]
Periodo secante – T_s	1.591	[s]

VERIFICHE

VERIFICA A STATO LIMITE DI DANNO

Formula	Parametri		
	$a_0^*\left[m/s^2\right]$	$a_{SLD}\left[m/s^2\right]$	Stato
$a_0^* \geq \frac{a_g\left(P_{V_R}\right)\cdot S}{q} = a_{SLD}$	1.258	0.353	Verificato

Verifica a stato limite di danno **Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA LINEARE)

Formula	Parametri		
	$a_0^*\left[m/s^2\right]$	$a_{SLV}\left[m/s^2\right]$	Stato
$a_0^* \geq \frac{a_g\left(P_{V_R}\right)\cdot S}{q} = a_{SLV}$	1.258	0.412	Verificato

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi lineare) **Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA NON LINEARE)

Formula	Parametri		
	d_u^* [m]	$\Delta_t(T_s)$[m]	Stato
$d_u^* \geq S_{De}\left(T_s\right) = \Delta_d\left(T_s\right)$	0.168	0.024	Verificato

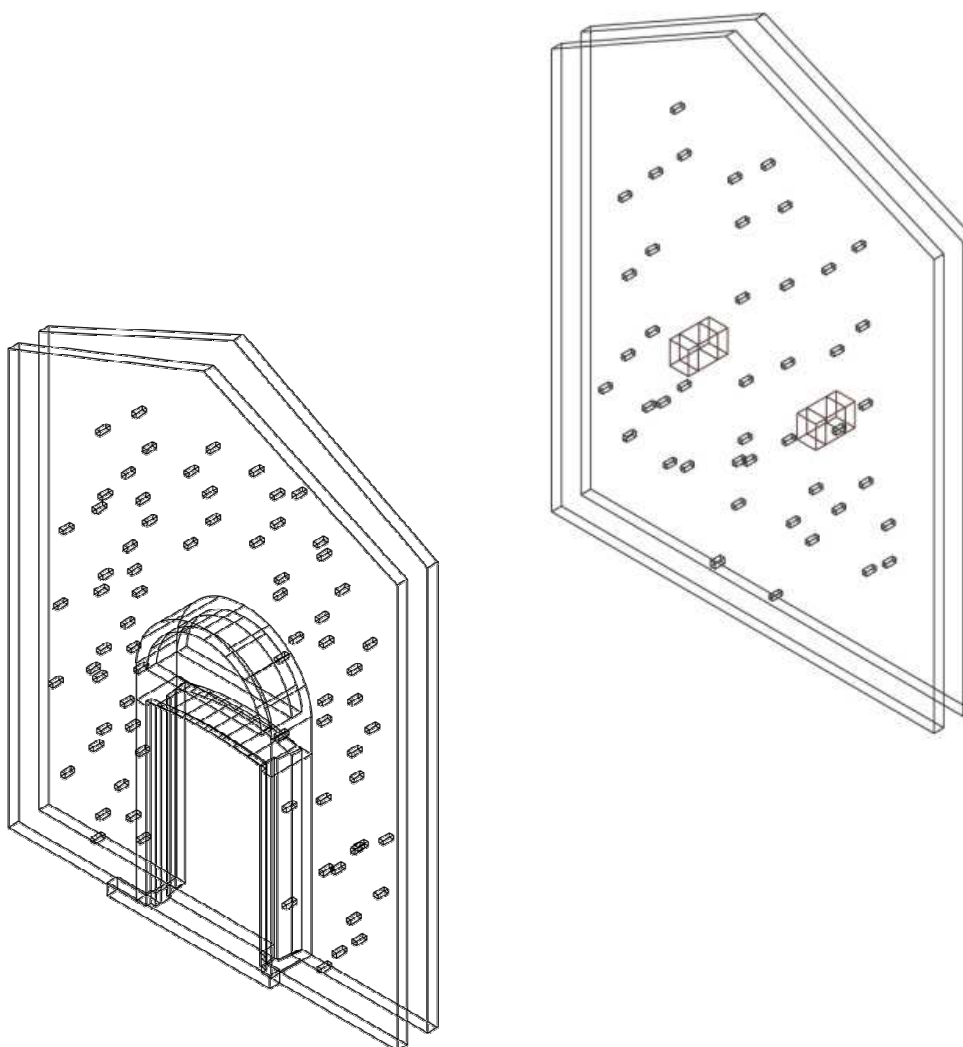
Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi non lineare) **Soddisfatta**

Andamento del moltiplicatore
α [−]
0,14
0,12
0,1
0,08
0,06
0,04
0,02
0
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
dK [m]
Forze persistenti al collasso
Forze persistenti al collasso e catene
Tutte le forze e catene

Verifica secondo l'analisi cinematica non lineare
Sa [m/s²]
Sd [m]
0
0,5
1
1,5
2
2,5
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
Spettro della domanda
Δd(Ts)
Ts
d*s
Curva di capacità
d*u

CONSOLIDAMENTO

Visti i risultati delle analisi, si osserva che le facciate principale e posteriore sono verificate nel caso di buon ammorsamento con le pareti laterali, mentre non vengono verificate quando si impotizza il meccanismo di ribaltamento delle sole facciate. Le analisi relative a queste due situazioni non tengono però conto della presenza dei collegamenti trasversali tra i due paramenti delle facciate. Si è quindi proceduto alla verifica di due ulteriori meccanismi che considerano il loro contributo.

L'esito di queste prove ha dimostrato che la presenza di tali collegamenti (porta d'accesso per la facciata principale, diatoni per quella posteriore) garantisce la resistenza al ribaltamento a seguito dell'azione sismica. Per questo motivo l'intervento di consolidamento proposto è mirato a valutare la bontà di tali collegamenti, che nel caso risultassero inadeguati andrebbero ripristinati nel rispetto della tecnologia costruttiva del manufatto.

RIBALTAMENTO DI ENTRAMBI I PARAMENTI DELLA FACCIATA PRINCIPALE CONNESSI TRAMITE I MURI DI SPALLA DELLA PORTA

DATI GENERALI DI PROGETTO	
Località	Località da coordinate geografiche
Latitudine	44.4241
Longitudine	8.9032
VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	
Vita nominale – V_N [anni]	50
Coefficiente d'uso – C_u	1
Periodo di riferimento – V_R [anni]	50

PARAMETRI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE PER LA DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI

	a_g[g]	F_0 [–]	T^*_C [s]	T_R [anni]
SLD	0.030	2.525	0.207	50
SLV	0.070	2.536	0.287	475

PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO (SLV)

Z[m]	H[m]	γ [–]	T_1[s]	S[–]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
0.000	6.630	1	0.210	1.20	0.096	0.287	1.880

CINEMATISMO

Moltiplicatore di attivazione del cinematismo – α_0	0.083	[–]
Spostamento finale del punto di controllo per il quale si annulla il moltiplicatore – $d_{k,0}$	0.551	[m]
Massa partecipante – M*	13620.6	[kg]
Frazione di massa partecipante della struttura – e*	1.000	[–]
Periodo secante – T_s	1.558	[s]

VERIFICHE

VERIFICA A STATO LIMITE DI DANNO

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLD}$	$a_0^*[m/s^2]$	$a_{SLD}[m/s^2]$	Stato
	0.727	0.353	Verificato

Verifica a stato limite di danno **Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA LINEARE)

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLV}$	$a_0^*[m/s^2]$	$a_{SLV}[m/s^2]$	Stato
	0.727	0.412	Verificato

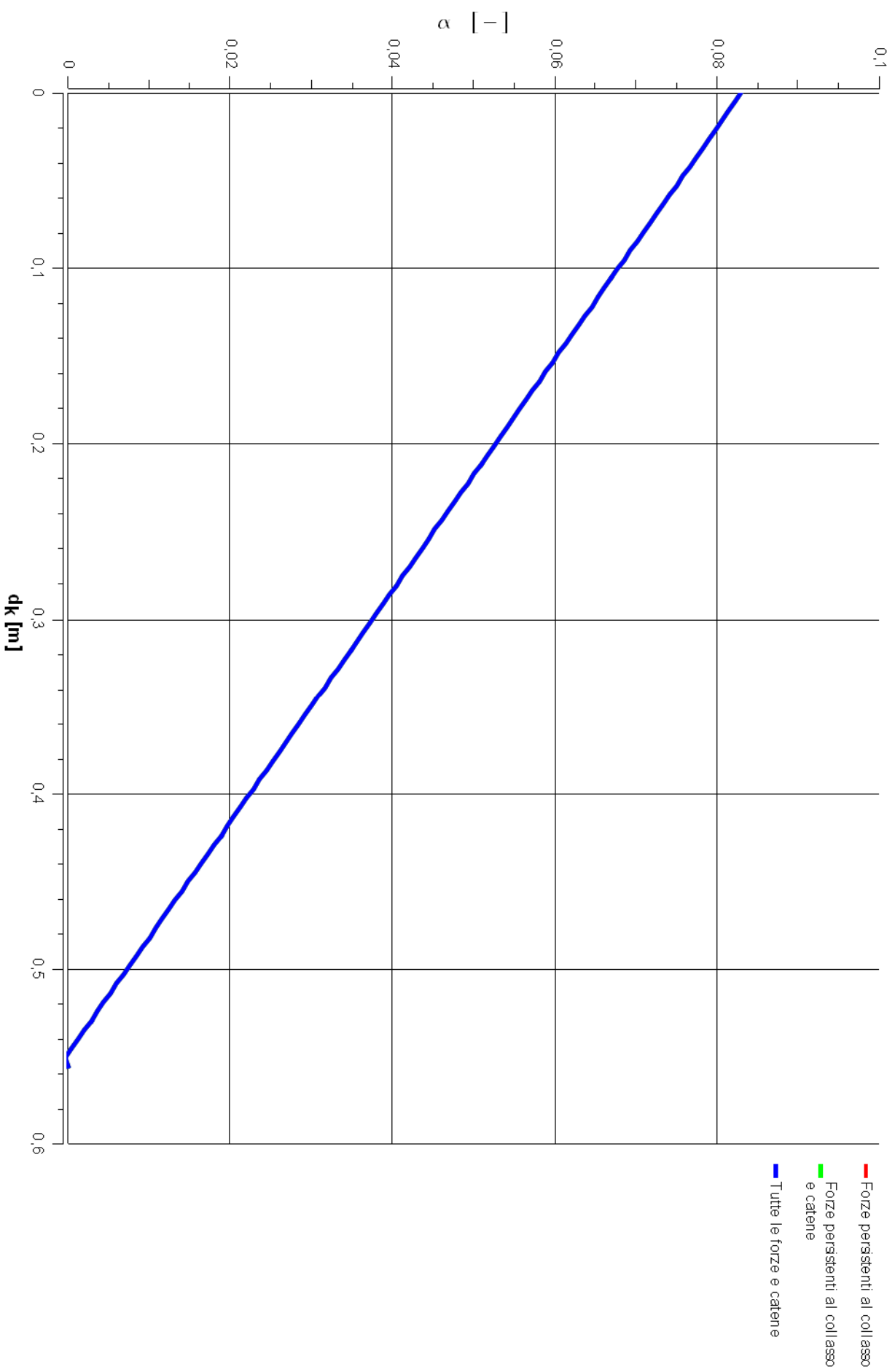
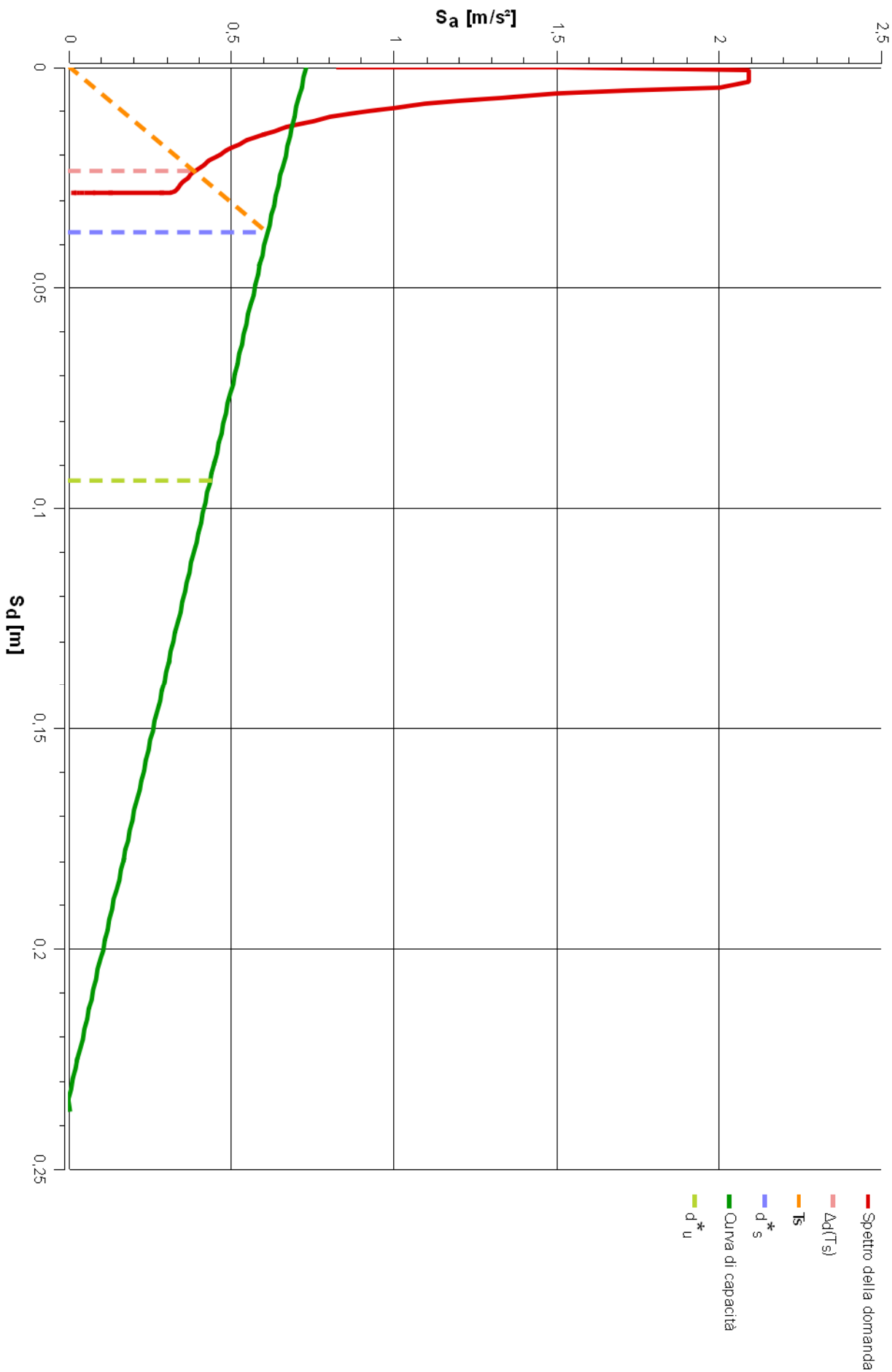
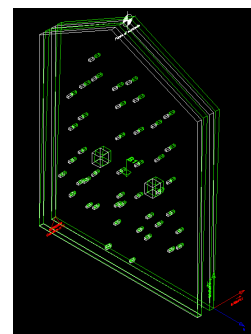
Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi lineare) **Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA NON LINEARE)

Formula	Parametri		
$d_u^* \geq S_{De}(T_s) = \Delta_d(T_s)$	d_u^* [m]	$\Delta_t(T_s)$[m]	Stato
	0.094	0.024	Verificato

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi non lineare) **Soddisfatta**

Andamento del moltiplicatore
0,1
0,08
0,06
α [–]
0,04
0,02
0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
dk [m]
Forze persistenti al collasso
Forze persistenti al collasso e catene
Tutte le forze e catene

Verifica secondo l'analisi cinematica non lineare
Sa [m/s²]
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
Sd [m]
Spettro della domanda
Δd(Ts)
Ts
d*s
Curva di capacità
d*u

RIBALTAMENTO DI ENTRAMBI I PARAMENTI DELLA FACCIATA POSTERIORE CONNESSI TRAMITE DIATONI

DATI GENERALI DI PROGETTO	
Località	Località da coordinate geografiche
Latitudine	44.4241
Longitudine	8.9032
VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	
Vita nominale – V_N [anni]	50
Coefficiente d'uso – C_u	1
Periodo di riferimento – V_R [anni]	50

PARAMETRI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE PER LA DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI

	a_g[g]	F_0 [–]	T^*_C [s]	T_R [anni]
SLD	0.030	2.525	0.207	50
SLV	0.070	2.536	0.287	475

PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO (SLV)

Z[m]	H[m]	γ [–]	T_1[s]	S[–]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
0.000	6.630	1	0.210	1.20	0.096	0.287	1.880

CINEMATISMO

Moltiplicatore di attivazione del cinematismo – α_0	0.086	[–]
Spostamento finale del punto di controllo per il quale si annulla il moltiplicatore – $d_{k,0}$	0.572	[m]
Massa partecipante – M*	14665.6	[kg]
Frazione di massa partecipante della struttura – e*	1.000	[–]
Periodo secante – T_s	1.528	[s]

VERIFICHE

VERIFICA A STATO LIMITE DI DANNO

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLD}$	$a_0^* [m/s^2]$	$a_{SLD} [m/s^2]$	Stato
	0.755	0.353	Verificato

Verifica a stato limite di danno **Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA LINEARE)

Formula	Parametri		
$a_0^* \geq \frac{a_g(P_{V_R}) \cdot S}{q} = a_{SLV}$	$a_0^* [m/s^2]$	$a_{SLV} [m/s^2]$	Stato
	0.755	0.412	Verificato

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi lineare) **Soddisfatta**

VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA NON LINEARE)

Formula	Parametri		
$d_u^* \geq S_{De}(T_s) = \Delta_d(T_s)$	d_u^* [m]	$\Delta_t(T_s)$[m]	Stato
	0.094	0.023	Verificato

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi non lineare) **Soddisfatta**

Andamento del moltiplicatore
α [−]
0,1
0,08
0,06
0,04
0,02
0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
dk [m]
Forze persistenti al collasso
Forze persistenti al collasso e catene
Tutte le forze e catene

Verifica secondo l'analisi cinematica non lineare
Sa [m/s²]
2,5
2
1,5
1
0,5
0
Sd [m]
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
Spettro della domanda
Δd(Ts)
Ts
d*s
Curva di capacità
d*u